

TARTU ÜLIKOOL

LOODUS- JA TEHNOLOOGIATEADUSKOND

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Geoloogia osakond

Sofya Tsyruhnikova

**AKUSTILISE PROFILEERIMISE ANDMETE RAKENDUSE ANALÜÜS LIIVI LAHE
MAASTIKULIS-ÖKOLOOGILISE KAARTI TÄPSUSTAMISEKS**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Arkady Tsyruhnikov

TARTU 2013

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
1. Liivi lahe morfoloogia ja põhjasetted.....	4
2. Meetodid ja materjalid.....	6
3. Tulemused	
3.1. Liivi lahe kvaternaarisetete leviku skeem.....	9
4. Arutelu	
4.1. Liivi lahe põhjaosa kvaternaarisetete skeemi võrdlus varasema kverternaarisetete kaardiga.....	11
4.2. Akustilisele profileerimisele tugineva kvaternaarisetete skeemi võrdlus Liivi lahe maastikulis-ökoloogilise kaardiga.....	14
4.3. Akustilise profileerimisele tugineva kvarternaarisetete avamusalade võrdlus Liivi lahe põhjasetete orgaanilise süsiniku sisalduse kaardiga.....	16
Kokkuvõte.....	17
Summary.....	18
Kasutatud kirjandus.....	19

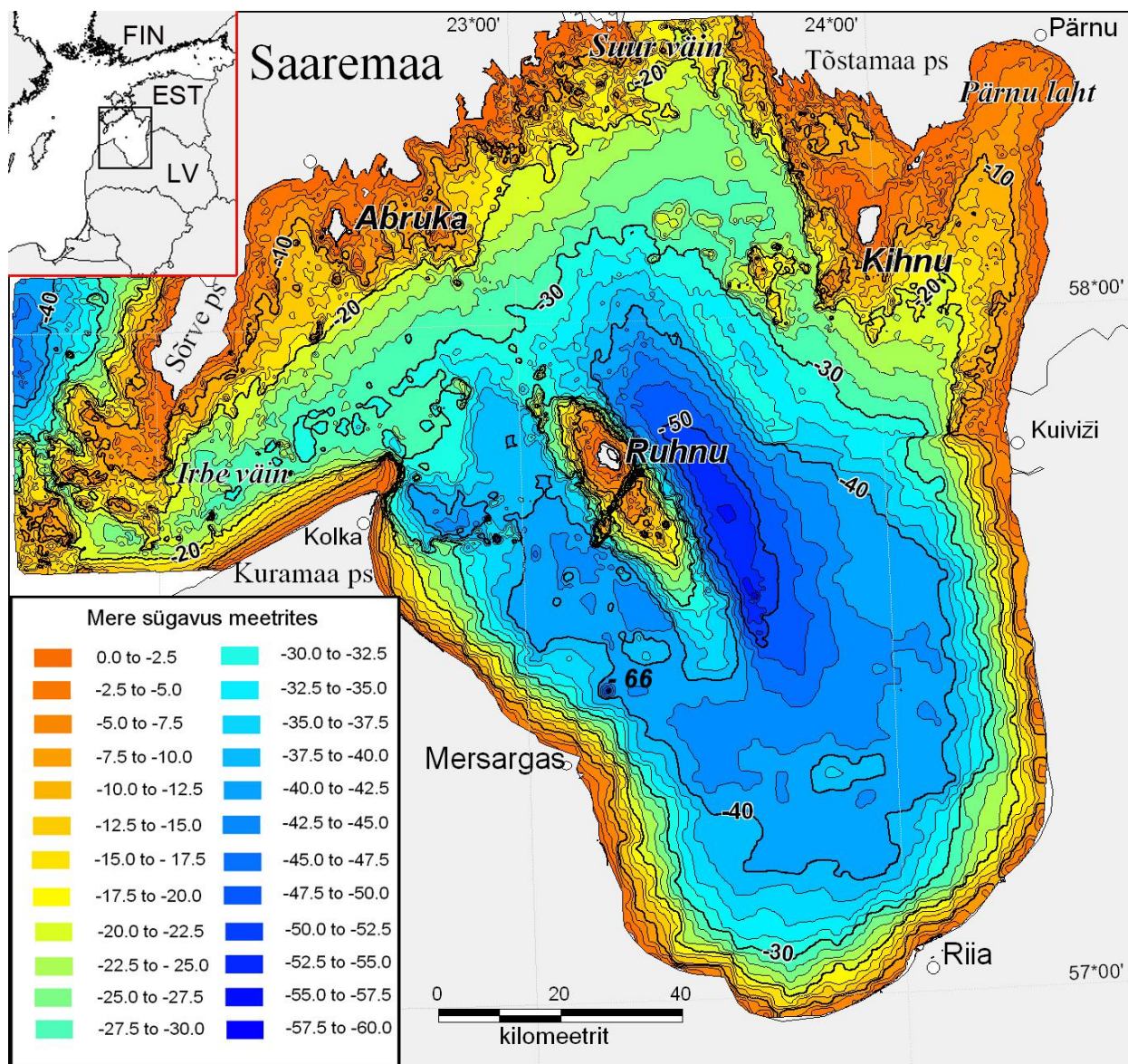
Sissejuhatus

Liivi laht kujutab endast unikaalset ökosüsteemi keeruka põhjakoosluste levikualade mosaiiksusega. Põhjakoosluste mitmekesisus on otseses sõltuvuses erinevate põhjasetete levikust ja teistest olulistest faktoritest nagu soolsus, temperatuur ja põhjalähedase veekihi hapnikurežiim. Organismide koosluste seoseid põhjasetetega uuritakse ja jälgitakse maastikulis-ökoloogiliste uuringute käigus. Põhjaelustiku mitmekesisuse kujunemise reeglite mõistmine on tähtis lahe ökosüsteemi säilitamiseks.

Antud töö põhieesmärk on analüüsida 1995a. ja 2004a. saadud akustiliste andmete kasutamisevõimalusi Liivi lahe maastikulis-ökoloogilise kaarti (Baraškovs et al., 1997) täpsustamiseks. Kaardil on näidatud erinevate maastikulis-ökoloogiliste alade jaotus ning see baseerub põhjaloomastiku, hüdrokeemiliste tingimuste uurimistulemustel ning 1984-1992 a. geoloogilise kaardistamise andmetel. Värskemate, 1995a. ja 2004a. saadud geoloogiliste andmete kasutamine annab võimaluse kaardi täiustamiseks.

1. Liivi lahe morfoloogia ja põhjasetted

Liivi laht on Läänemere osa, selle keskosast hargnev poolsuletud, Lääne Eesti Arhipelaagiga põhjast ja loodest piiratud haru. Laht on loode kagusuunas väljavenitatud kujuga, kuni 170 km pikk ja 130 km lai ja selle pindala on 16300 km².



Joonis 1. Liivi lahe asukoht ja batümeetriline kaart (mugandatud Tsyruльников 2008 järgi).

Avamerega toimub veevahetus Irbe Väina kaudu ja Väinamerega Suure ja Väikse väina kaudu. Veealune Sõrve poolsaare katuseharja kujuline jätke on loomulik läänepoolne Liivi lahe piir (Tsyruльников et al. 2008).

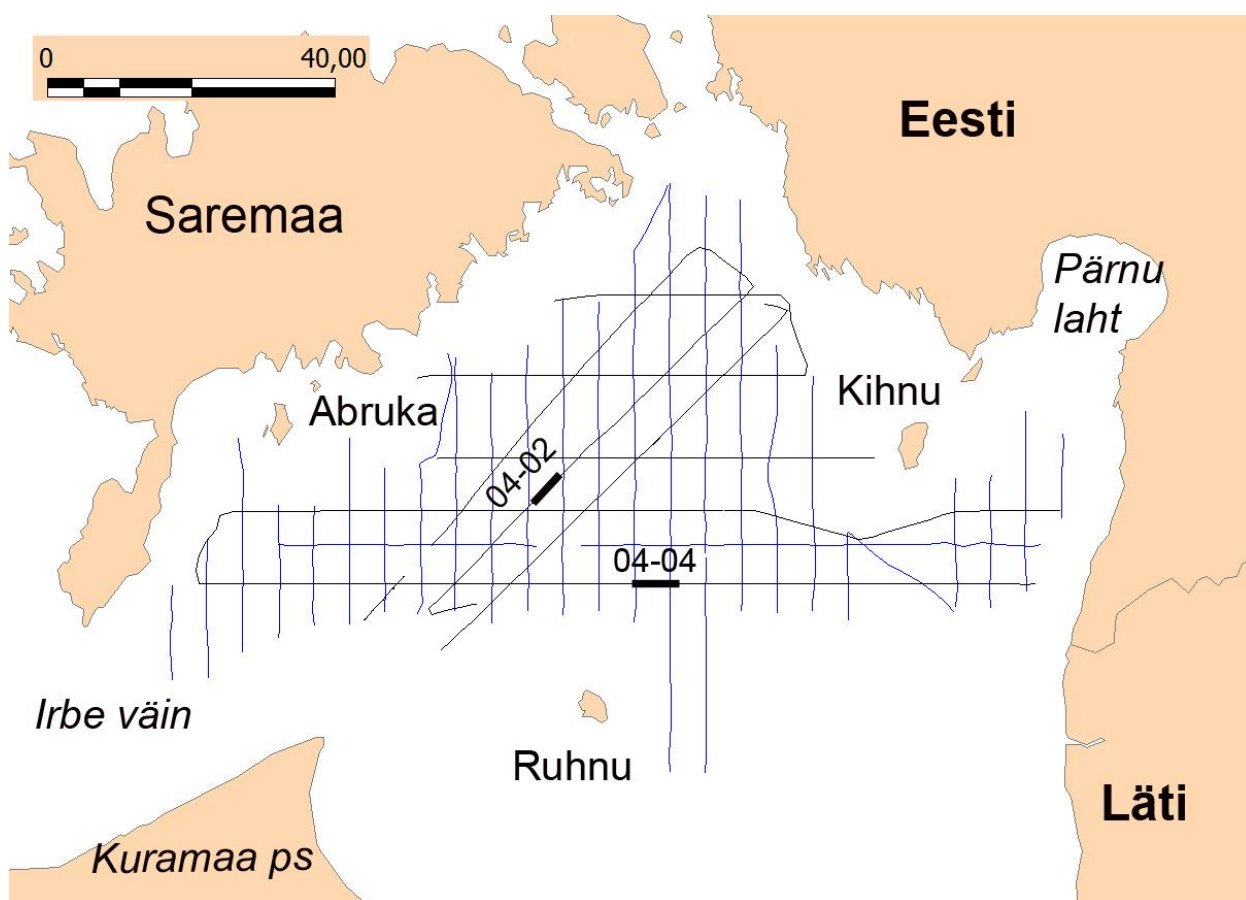
Liivi lahe sügavam osa (40-50 m) hõlmab suurema osa lahest, mille keskmine veesügavus on 26 m. Kõige sügavaim (- 67 m) punkt asub lahe lääneosas Mersargasi ranniku lähedal (joonis 1) (Tsyrlnikov et al. 2008). Üldiselt, lahe lõunaosa on sügavam kui põhjaosa, mida iseloomustab lai madal rannikuvöönd mitmekesise põhjareljeefiga ja mida katavad kivirahnud. (Kotta et al. 2008). Põhja ja lõunaosa vahel, umbes lahe keskel, asub silmatorkav loode-kagu suunaline aluspõhja kõrgendus, mille tippuks on meretasapinnast kõrgemale ulatuv Ruhnu saar (Tuuling 2009).

Liivi lahe nõgu on moodustunud Paleosoikumi pealiskorra Siluri ja Devoni kivimitesse, suuresti Pleistotseeni liustike erosiooniliste protsesside käigus. Alates jääkatte sulamisest on Liivi lahe nõgu tasapisi täitunud hilisglatsiaalsete Pleistotseeni ja Holotseni setetega (Tsyrlnikov et al., 2008).

Kvaternaarsed setted on levinud kõikjal Liivi lahe põhjas, välja arvatud väike ala Ruhnu saare ümbruses, kus paljanduvad aluspõhjakivimid. Kõikjal esinev, erineva paksusega hilisjäaja moreeni kiht on alusliustikulise päritoluga. Seda katavad liustikulised ja pärast jää-aegsed järve ja mere savikad setted on lahe sügavamas keskosas tasandanud liustiku aluse künkliku moreenreljeefi. Riimveeline mereline settimine, mis kajastab Liivi lahe viimase arenguetappi ja kestab ka tänapäeval, on mõjutatud põhjahoovuste pool. Seda iseloomustab orgaanika rikka ja maismaa päritoluga materjali kogunemine, peamiselt lahe sügavimates osades, milles võivad esineda ka gaasiga küllastunud setted (Tsyrlnikov et al., 2012).

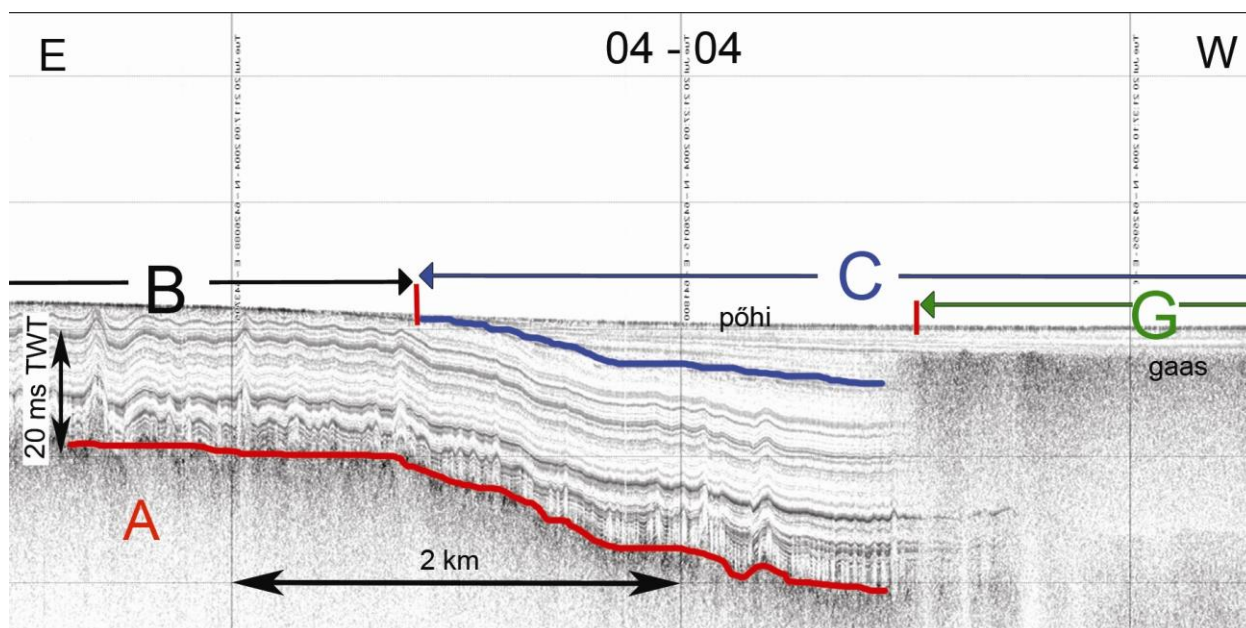
2. Meetodid ja materjalid.

Antud töö käigus koostati Liivi lahe põhjaosa põhjapinna erinevate kvaternaarisetete avamisalade skeem. Skeemi koostamiseks kasutati 1995 ja 2004 aastatel saadud akustilisi profiile, nende seismo- ja litostratigraafialist interpretatsiooni (Tsyrlnikov et al., 2012) ning glatsiaalse tekkega reljeefi vormide analüüsi (Tsyrlnikov et al., 2008). Akustilised profiilid olid saadud Rootsi ja Eesti ühise ekspiditsiooni käigus, kasutades 4kHz sagedusega kajaloodi. Põhja-lõuna suunas orienteeritud 5 km vahega profiilide kogupikkus on umbes 1000 km. Lääne-ida ja loode-kagu orienteeritusega profiilide kogupikkus on umbes 600 km (joonis 2).



Joonis 2. 1995 (mustad) ja 2004 a (sinised) rajatud seismo-akustiliste profiilid võrgustik Liivi kahe põhjaosas. Jämedama joonega indekseeritud lõigud tähistavad allpool toodud joonistel (3, 4) näidatud profiili lõikude asukohti.

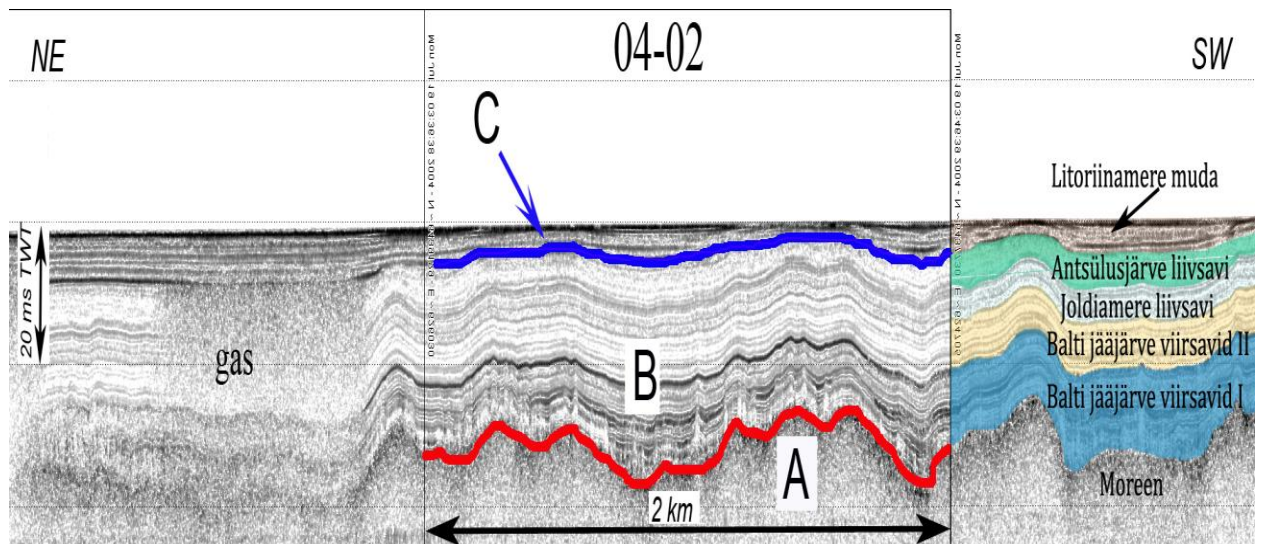
Kvaternaarisetete levikuskeemi koostamiseks jaotati settekompleks senise väljatöötatud liigestuse alusel (Tsyrlnikov et al., 2012) kolmeks üksuseks ja akustilistele profiilidele tuginedes määrati nende avanemisintervallid lahe põhjas (joonised 3 ja 4). Avanemisintervallid kanti tarkvara *Mapinfo Professional* abil kaardile, millega hiljem liideti ka olemasolev Liivi lahe kvaternaarisetete kaart (Juskevic et al., 1997).



Joonis 3. Eristatud Kvaternaari settekomplekside (A, B ja C) merepõhja avanemisintervallide ning gaasiga küllastunud setete (G) määramine akustilistel profiilidel. Profiili lõigu 04-04 asukoht vt. joonis 2.

Määratud kvaternaarisetete tüübid peegeldavad peamisi regionaalsel tasandil jälgitavaid Läänemere arengu etappe (Tsyrlunikov et al. 2012) (joonis 4):

- Tüüp A – moreen. Massiivne tumehall savikas mass liiva, kruusa ja veerise tükkidega. Moodustab profiilidel alumise setete kiht. Moreen on praktiliselt läbimatu 4-kHz sagedusega akustilise impulsi jaoks ja on tugevalt lainelise pealispinnaga.
- Tüüp B – Litoriinamere eelsed setted. Viirsavid, pärast jääaegsed järve ja mere savikad setted, mis koosnevad Balti Jääjärve, Joldiamere ja Antsülus jarve liivakatest-savikatest setetest. Esineb akustilistel profiilidele kui vööndiline kiht, kus vahelduvad heledamad harvaesinevate ja tumedamad tihedalt paiknevate reflektoritega ribad.
- Tüüp C – Litoriinamere ja kaasaegsed Läänemeri setted. Liiva, muda ja ülaosas orgaanilise muda setted. Ilmub profiilidele kui tumehall kiht subhorisontaalsete, tihedalt paiknevate paralleelsete reflektoritega.



Joonis 4. Akustilise profiili 04-02 lõik (asukoht vt. joonis 2), mis näitab erinevate settekomplekside (A, B ja C) akustilist kuvandit, nende litostratigraafilist liigestust ja gaasi sisaldust Litoriinamere kompleksi allosas (mugandatud Tsyroulnikov et al., 2012 järgi).

Lisaks kvaternaarisetete tüüpidele akustilistel profiilidel määrati gaasiga küllastunud setteid, mis on hästi jälgitavad, sest setetes sisalduvad gaasi mullid hajutavat akustilise signaali ning see sügavamale enam ei levi (joonised 3 ja 4). Gaasiga küllastunud setete levik kanti samuti skeemile.

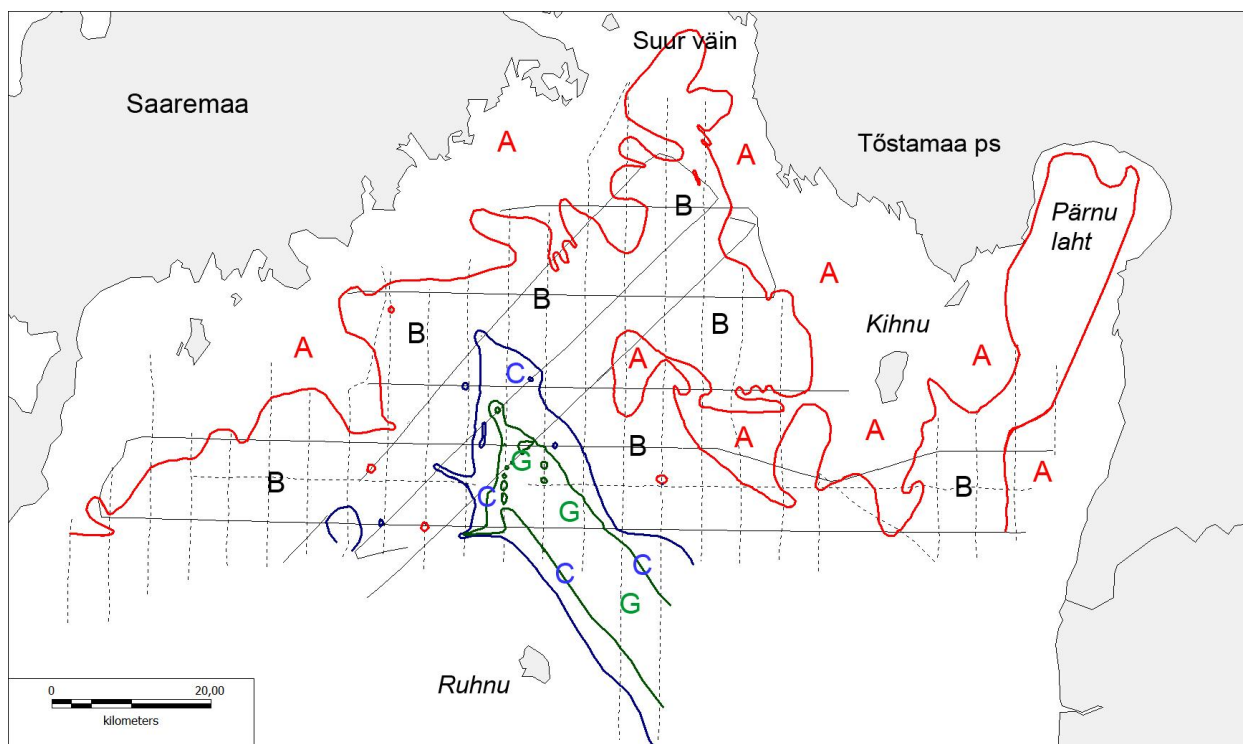
Selleks et teha kindlaks kas meie poolt joonistatud settekomplekside A, B ja C avamuste skeem sisaldab uut informatsiooni, võrreldi seda hetkel ainsa olemasoleva Liivi lahe kvaternaarisetete kaardiga (Juškevic et al., 1997). Samuti võrreldi meie skeemi olemasoleva Liivi lahe mastikulis-ökoloogilise kaardiga (Baraškovs et al., 1997), selgitamaks nende omavahelisi seoseid ja võimalust täpsustada erinevate maasukulis-ökoloogiliste alade levikupiire Liivi lahe põhjaosas.

Lisaks sellele võrreldi meie koostatud skeemi ja Liivi lahe põhjasetete orgaanilise aine (Corg) sisalduse kaardiga (Baraškovs et al., 1997). Skeemiga võrdlemiseks tuli kõik eelnimetatud kaardid skaneerida ja need omavahel koordinaatidega siduda *MapInfo Professional* tarkvara abil.

3. Tulemused

3.1. Liivi lahe kvaternaarisetete leviku skeem

Antud töö käigus valmis skeem, mis näitab eelpool toodud kolme erineva kvaternaarisetete tüübi avamisalasid Liivi lahe põhjaosas (joonis 5).



Joonis 5. Liivi lahe põhjaosa erinevate Kvaternaari settekomplekside (A, B ja C) avamuste ning gaasiga küllastunud setete (G) leviku skeem.

Meie poolt eristatud kolm setete tüüpi määratud Liivi lahe põhjaosas akustilistel profiilidel vastavad kvaternaarisetete kaardil (Juškevičs et al., 1997) järgmistele kihtidele:

- Moreen (A) – liustiku setted.
- Litoriinamere eelsed setted (B) – Jääjärve, Balti jääjärve, Joldiamere ja Antsülusjarve setted.
- Litoriinamere- ja kaasaegsed setted (C) – Litoriinamere ja Limneamere setted.

Kohtades, kus akustilised andmed puuduvad, nagu näiteks Suures väinas ja Pärnu lahes on toodud Liivi lahe kvaternaarisetete kaardi (Jurkevics et al., 1997) andmed (joonis 5).

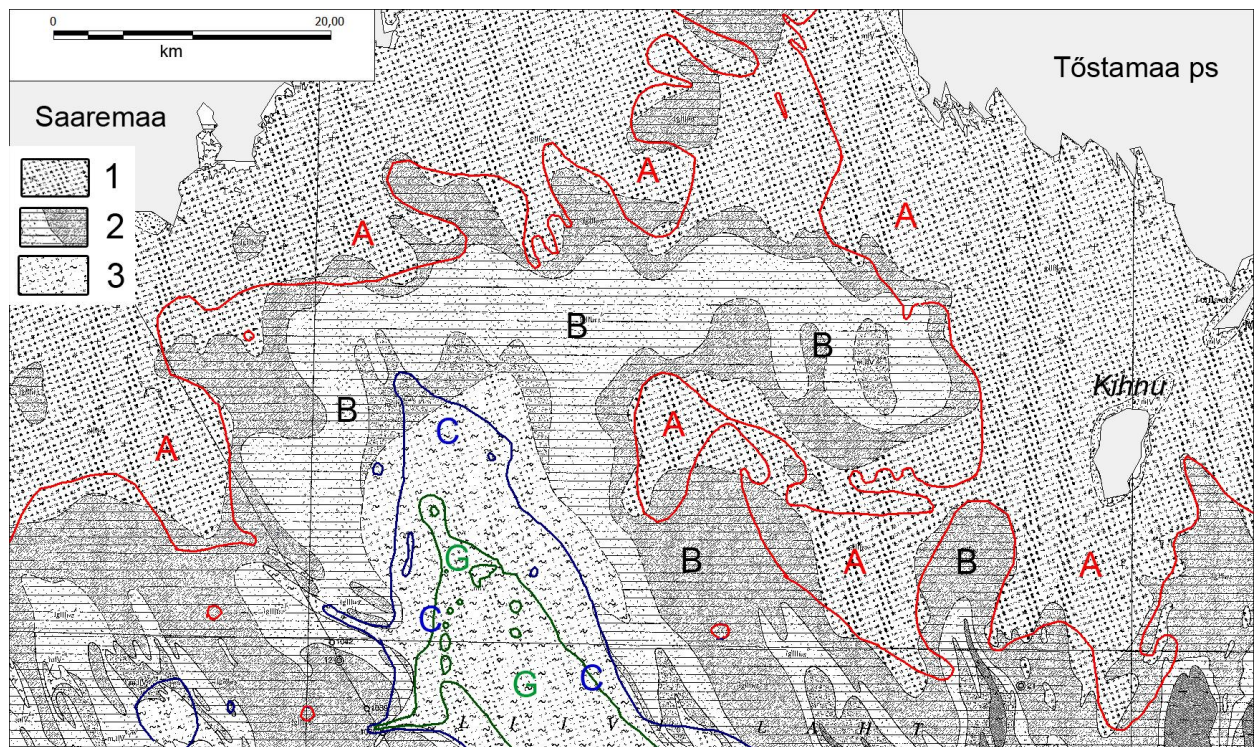
Moreen (A) avaneb Liivi lahe rannikuäärsetel aladel ning on laialt levinud lahe madalaveelises põhjapoolses osas. Lõuna poolses osas avaneb moreen ainult kitsede ribadena ranniku lähedases osas. Liivi lahe keskosas paljandub moreen Ruhnu saare ümbruses. Litoriinamere eelsed setted (B) on laialt levinud lahe põhjaosas ja vähem levinud lõunaosas. Erinevalt moreenist, paljandub see setete tüüp Liivi lahe sügavamas keskosas, Pärnu lahes, kohati Väikses ja Suures väinas ning Irbe väinas. Litoriinamere ja kaasaegsed setted (C) esinevad Ruhnu saarest vahetult põhja ja itta jäävas sügavikus.

Liivi lahes esinevad ka orgaanilise aine rikkad mudad, mis on küllastunud gaasiga, mis eristuvad selgelt seismilistelt profiilidelt kuna gaasiga küllastunud setetest akustiline impulss läbi ei tungi (joonis 3 ja 4). Gaasiga küllastunud setete levikuala esineb ainult Litoriinamere ja kaasaegsete mudade levikuala piires. Ruhnu saart põhjast ja idast piiritlev gaasiga küllastunud setete levikuala on väljavenitatud loode-kagu suunas kuni 11 km laiuseks ribaks (joonis 5). Selle ala levikupiirid on suuresti paralleelsed Litoriina- ja kaasaegse mere setete levikuala piiridega.

4. Arutelu

4.1. Liivi lahe põhjaosa kvaternaarisetete skeemi võrdlus varasema kverternaarisetete kaardiga.

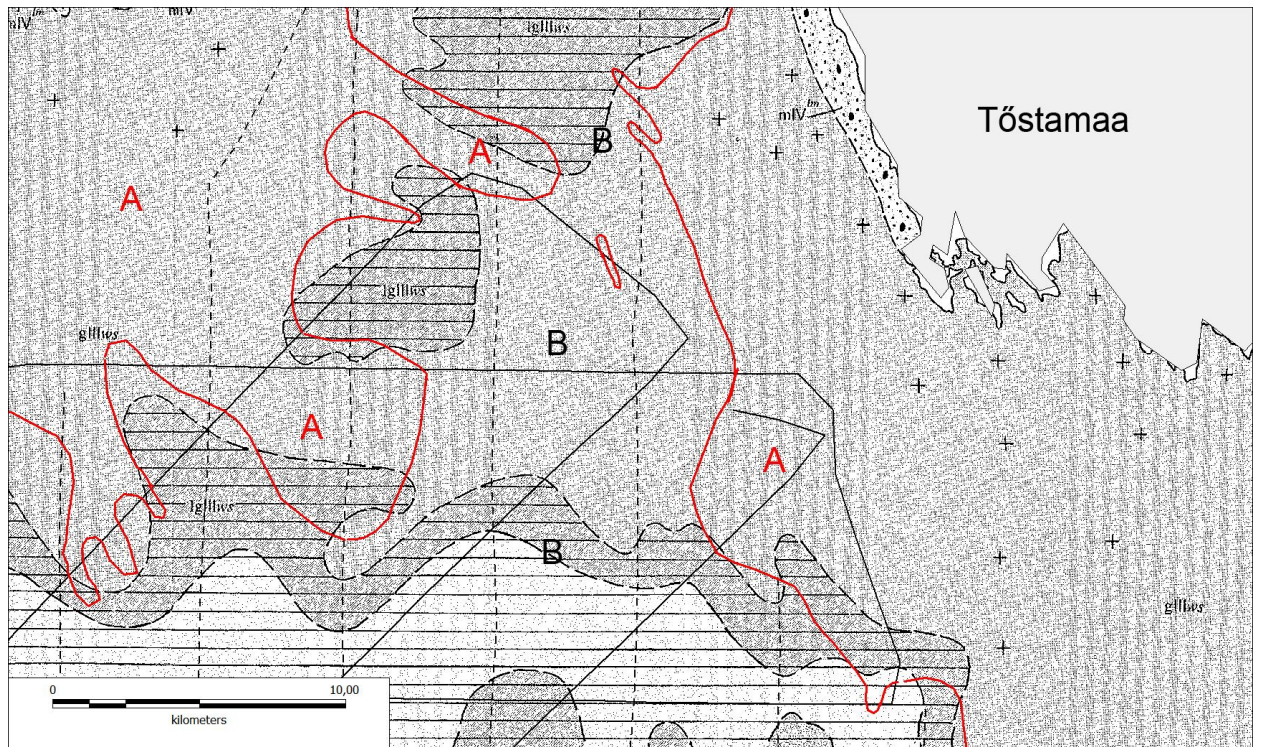
Liivi lahe põhjaosas akustiliste profiilide abil määratud erinevate kvaternaarisetete avamisalade piirid üldiselt lähevad kokku kvaternaarisetete kaardil olevate piiridega, kuid esineb ka rida erinevusi (joonis 6).



Joonis 6. Liivi lahe põhjaosa kvaternaarisetete komplekside A, B ja C levikupiiride ja varasema kvaternaarisetete kaardil eristatud liustiku setete – 1; Balti jääjärve, Joldiamere ja Antsülusjarve setete – 2 ja Litoriinamere ja Limneamere setete – 3 levikupiiride võrdluse kaart.

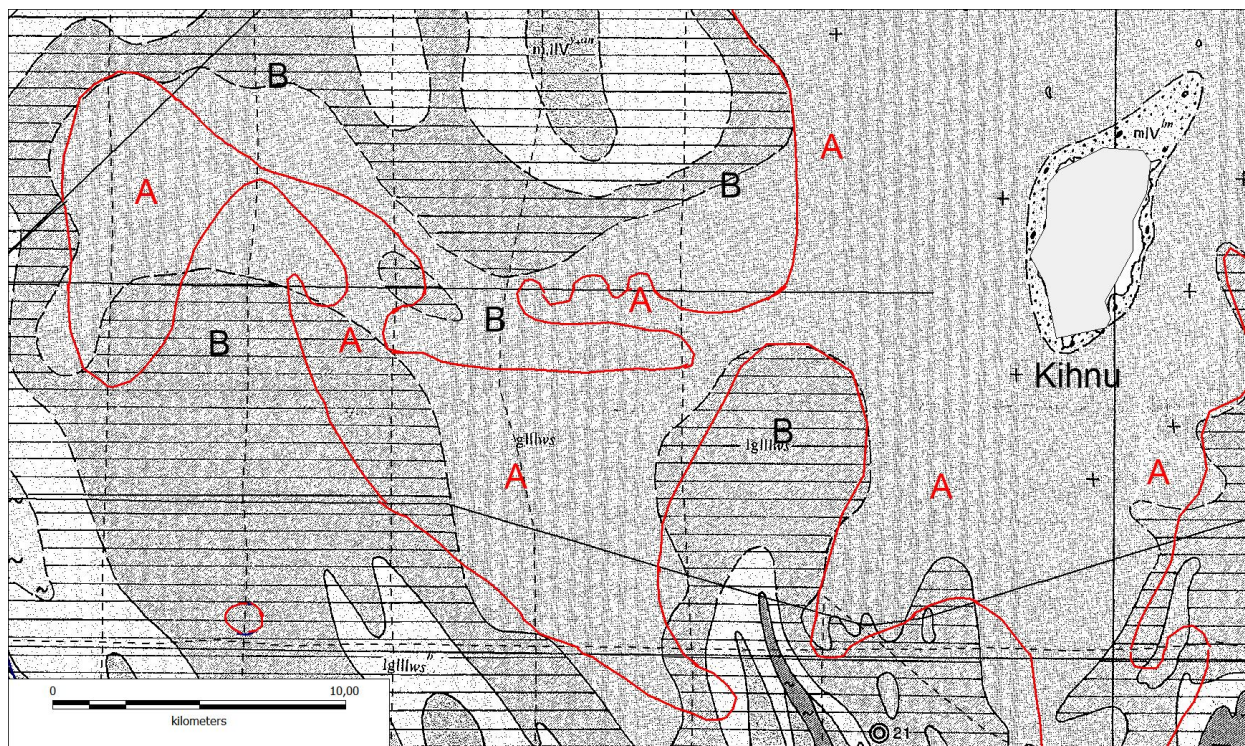
Avamisalade piiride erinevused võivad olla tingitud sellest, et varasema kvaternaarisetete kaardi koostamiseks kasutatud andmete tihedus oli väiksem. Varasema kaardi joonistamisel kasutatud akustilise aparatuuri lahutusvõime oli üksnes 0.6 m, samas kui meie profiilide puhul oli selleks 0.05 m. Märkimisväärsamad erinevused tulevad esile just eeldatavate piiride alal.

Koostatud skeem annab eelkõige võimaluse kohati täpsustada moreeni ja Litoriinamere eelsete setete avamusalade piire Kihnu saarest lõunasse jääval - ning Tõstamaa ja Saaremaa vahelisel alal. Meie skeemil on Litoriinamere eelsete setete avamusala Saaremaa ja Tõstamaa vahel tunduvalt suurem kui varasemal kaardil (joonis 6 ja 7).



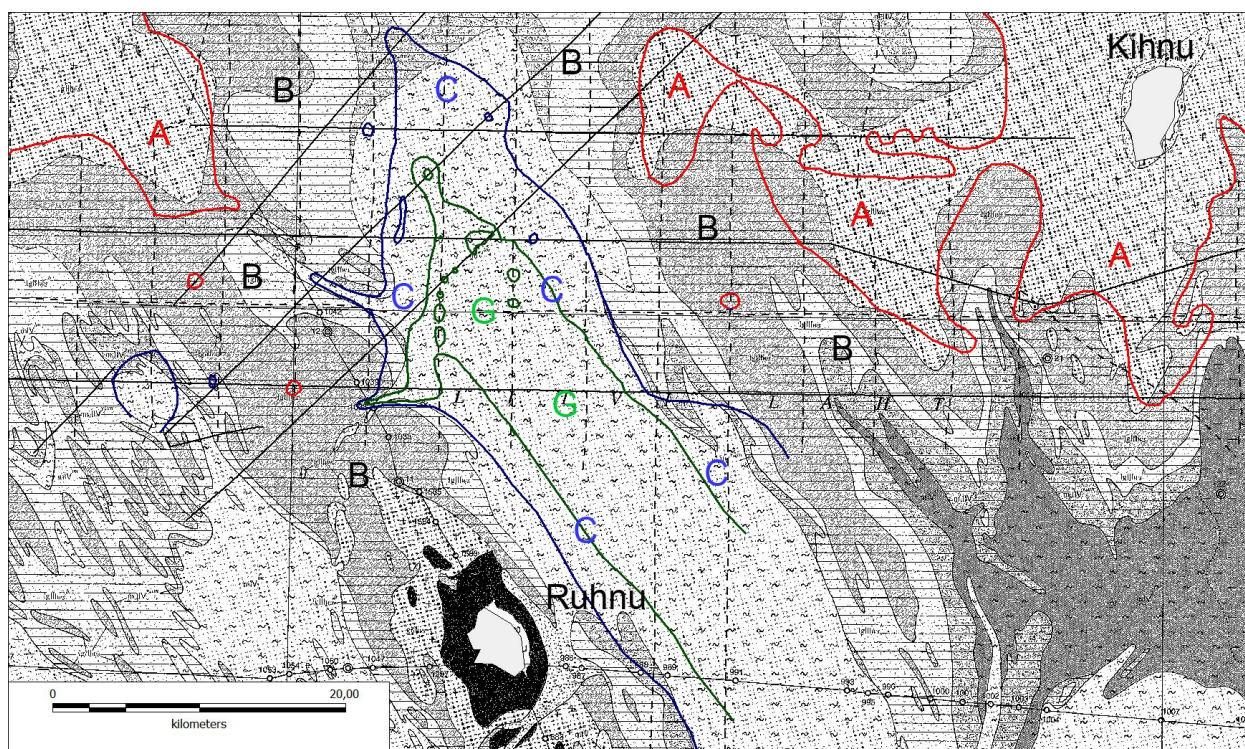
Joonis 7. Litoriinamere eelsete setete (B) ja moreeni (A) avamusalade korrigeeritud piir võrreldes varasema kvaternaarisetete kaardiga (vt legendi joonis 6) Tõstamaa poolsaarest edelasse jääval alal.

Skeemil määratud läänest Kihnu saarelt paikneva moreeni levikuala on pisut keerukama kujuga kui kvarternaarisetete kaardil (joonised 6 ja 8).



Joonis 8. Litoriinamere eelsete setete (B) ja moreeni (A) avamusalade korrigeeritud piir võrreldes varasema kvaternaarisetete kaardiga (vt legendi joonis 6) Kihnu saarelt läände jäävatel aladel.

Samuti on meie skeemi abil võimalik täpsustada Ruhnu saare ümbrusse jäävat Liitoriinamere ja kaasaegsete setete levikuala. Selle levikuala põhjapoolne osa on vastavalt skeemile rohkem loode suunas välja venitatud võrreldes kvaternaarisetete kaardil olevaga (joonis 9).

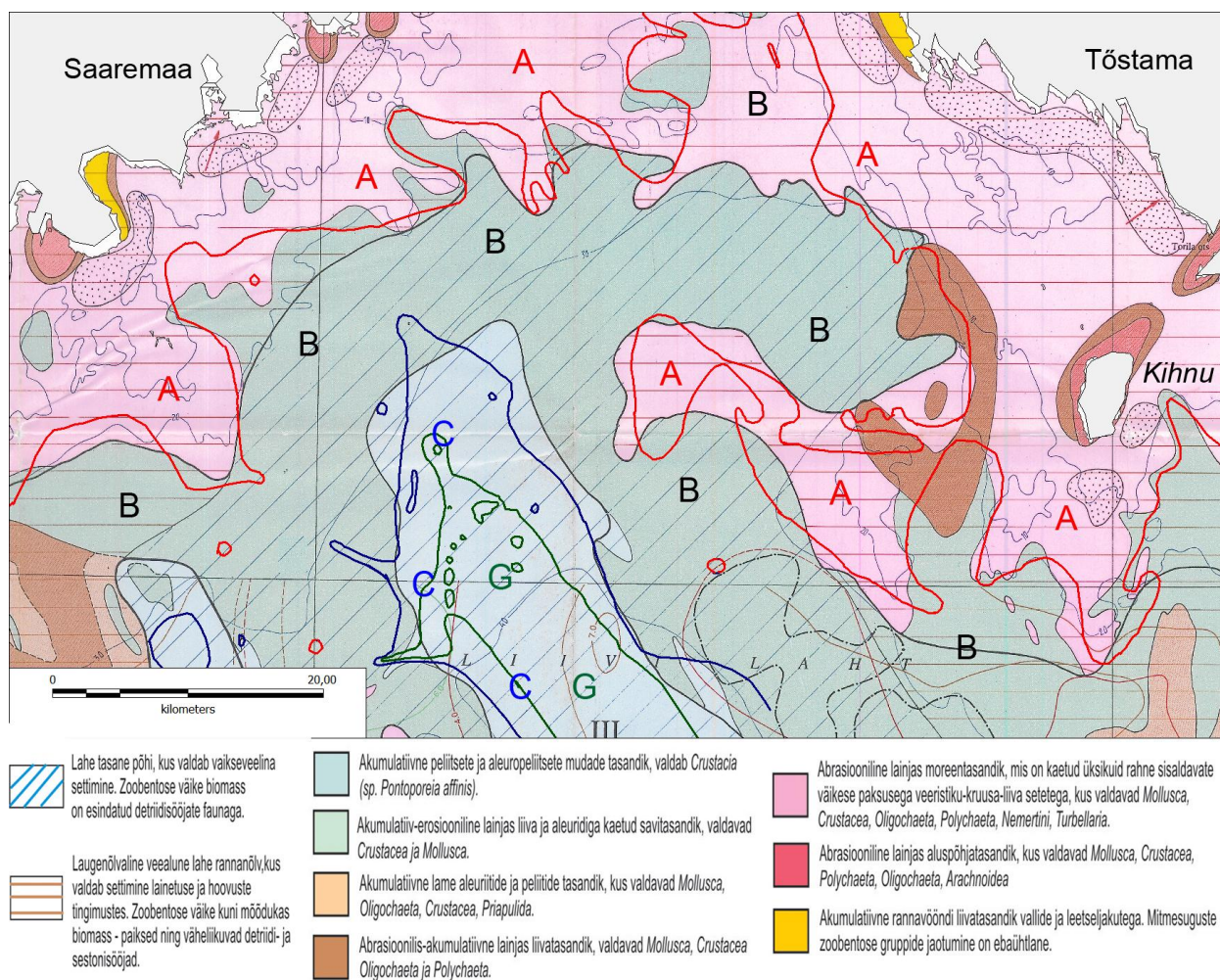


Joonis 9. Akustilisele profileerimisele tugineva Litoriinamere ja kaasaegsete setete leviku võrdlus kvaternaarisetete kaardiga (Juškevic et al., 1997) (vt legendi joonis 6) Ruhnu saarest põhjapoolse jääval alal.

4.2. Akustilisele profileerimisele tugineva kvaternaarisetete skeemi võrdlus Liivi lahe maastikulis-ökoloogilise kaardiga.

Maastikulis-ökoloogilise kaardi põhjapoolne osa on kaardistatud väiksema detailsusega kui teised kaardi osad. Selle üheks põhjuseks on ebapiisav geoloogiliste andmete hulk.

Liivi lahe maastikulis-ökoloogilisel kaardil (Baraškovs et al., 1997) on maastikulis-ökoloogiliste alade piirid määratud erinevate põhjasetete ja organismide kooslustega. Nende alade piirid enamasti kattuvad kvaternaarisetete levikualade piiridega Liivi lahe kvaternaarisetete kaardil (Juškevic et al., 1997). Seoses sellega annab akustilisele profileerimisele tuginev kvaternaarisetete skeem võimaluse maastikulis-ökoloogilise kaardi põhjapoolse ala piiride täpsustamiseks (joonis 10).

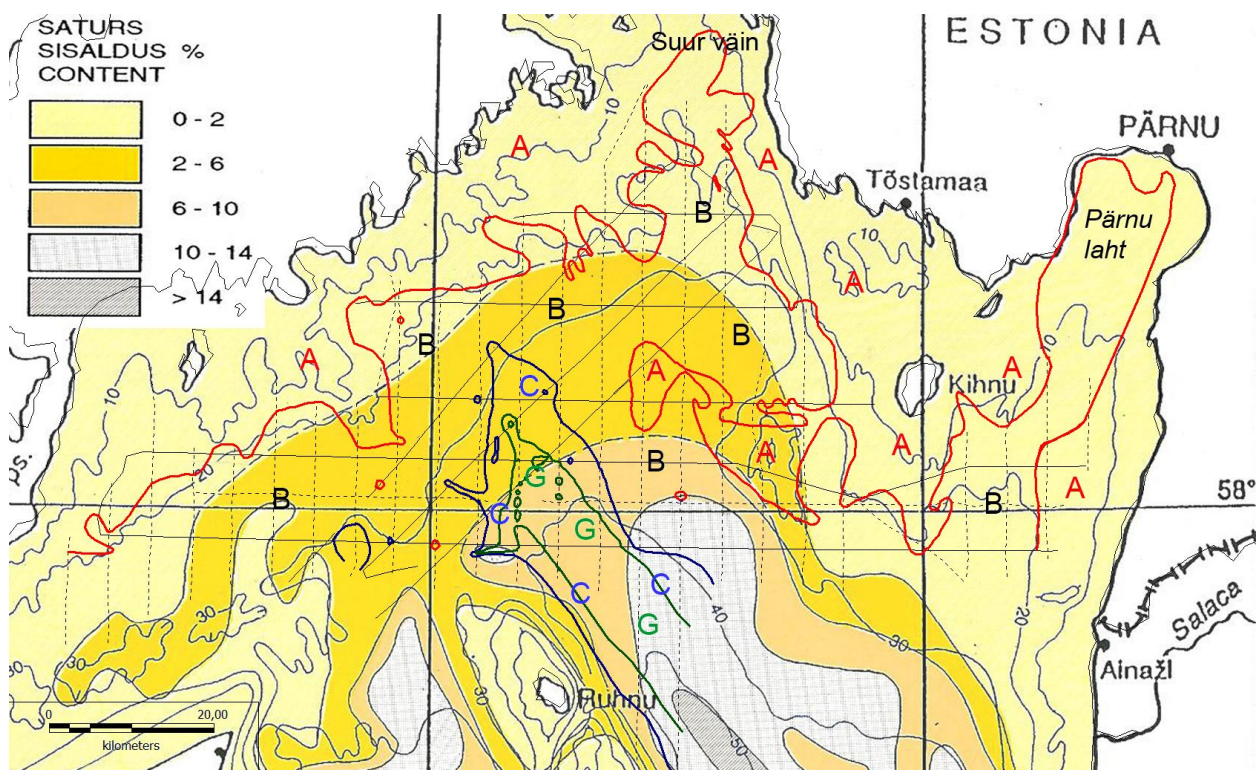


Joonis 10. Akustilisele profileerimisele tugineva kvaternaarisetete avamuste kaardi võrdlemine maastikulis-ökoloogilise kaardiga (Baraškovs at al., 1997) Liivi lahe põhjaosas.

Maastikulis-ökoloogilisel kaardil tähistatud abrosioonilise lainjase moreenitasandiku ala ja skeemil tähistatud moreeni ala piiridel on näha selge sarnasus (joonis 10). Maastikulis-ökoloogilise kaardi järgi, see moreentaseandik on kaetud üksikuid rahne sisaldavate, väikese paksusega veeristiku-kruusa-liiva setetega, kus valdavad zoobentose grupid on Mollusca, Crustacea, Oligochaeta, Polychaeta, Nemertini, Turbellaria. Skeemil näidatud Litoriinamere eelsete setete levikuala piirid sarnanevad maastikulis-ökoloogilisel kaardil oleva akumulatiiv-erosioonilise lainja liiva ja aleuriidiga kaetud savitasandiku alale, kus valdavad zoobentose grupid Crustacea ja Mollusca. Litoriinamere ja kaasaegsete setete levikuala skeemil määratud piirid sarnanevad maastikulis-ökoloogilisel kaardil akumulatiivse peliitsete ja aleuropeliitsete mudade tasandiku ala piiridega, kus valdab zoobentose grupp Crustacea (joonis 10).

4.3. Akustilise profileerimisele tugineva kvarternaarsetete avamusalade võrdlus Liivi lahe põhjasetete orgaanilise süsiniku sisalduse kaardiga.

Skeemil määratud gaasiga küllastunud Litoriinamrere setete levikuala vastab Liivi lahe põhjasetetes orgaanilise aine (Corg) sisaldust määraval kaardil suurema Corg kontsentratsiooniga alale. Sellel kaardil varieerub Corg sisaldus 0% kuni rohkem kui 14%ni. Skeemil määratud gaasiga rikastatud setete levikuala vastab 6-14% Corg sisaldusega alale (joonis 11).



Joonis 11. Akustilisele profileerimisele tugineva kvaternaarse setete avamuste skeemi võrdlus Liivi lahe põhjasetete orgaanilise süsiniku sisalduse kaardiga. Gaasiga küllastunud setete levikuala on tähistatud G-ga.

Kokkuvõte

Antud töö käigus on saavutatud põhieesmärk. On analüüsitud 1995a. ja 2004a. saadud akustiliste andmete kasutamisevõimalusi Liivi lahe maastikulis-ökoloogilise kaarti täpsustamiseks. Akustiliste profiilide abil oli koostatud skeem, mis näitab kolme erineva kvaternaarisetete tüüpi levikualad Liivi lahe põhjaosas. Skeem oli võrreldud ainukese olemasoleva Liivi lahe kvarternaarisetete kaardiga (Juškevič et al., 1997). Võrdlus näitas, et skeem sisaldab uut informatsiooni erinevate kvaternaarisetete tüüpide leviku kohta. Skeemi ja Liivi lahe maastikulis-ökoloogilise kaarti analüüs näitas, et uuemad geoloogilised andmed, saadud akustilistelt profiilidelt, annavad võimaluse selle kaardi täpsustamiseks. Lisaks sellele on skeemil määratud gaasiga küllastunud setete levikuala, mis vastab Liivi lahe põhjasetetes orgaanilise süsiniku sisalduse kaardil suurema kontsentratsiooniga alale.

Application of acoustic profiling data in Landscape-ecological mapping in the Gulf of Riga.

Sofya Tsyruņnikova

Summary

Present research analyses the data of marine acoustic profiling survey, performed in 1995 and 2004, in order to precise the Landscape-Ecological map of the Gulf of Riga. First, scheme that reveals spatial distribution of Quaternary sediments in the northern Gulf of Riga was compiled based on acoustic profiling data. Therefore, it was compared with available Map of Quaternary sediments of the Gulf of Riga (Juškevičs et al., 1997). Comparison shows that scheme reveals new information on distribution of Quaternary sediments. Comparison analyses of the scheme with the Landscape-Ecological map of the gulf shows, that obtained acoustic data allows to supplements the map considerably. In addition, compiled scheme reflects the distribution of the gas-rich sediments, that coincidence with the area saturated with organic carbon, shown on the map.

Kasutatud kirjandus

- Baraškova V., Talpas A. and Kask J. (1997 a): Explanatory note to the map (scale 1:200 000). In: Landscape-ecological Map of the Gulf of Riga (eds. A. Valpeteris ja V. Perersell). Geol. Surv. Latvia and Estonia. Riga.
- Baraškova V., Talpas A. and Kask J. (1997 b): Landscape-ecological Map of the Gulf of Riga. Geol. Surv. Latvia and Estonia. Riga.
- Juškevics V. and Talpas A. (1997 a): Explanatory note to the map (scale 1:200 000). In: The Map of the Quaternary Deposits of the Gulf of Riga (eds. V. Seglinš and K. Kajak). Geol. Surv. Latvia and Estonia. Riga.
- Juškevics V., Stiebrinš O. and Talpas A. (1997 b): Map of the Quaternary deposits of the Gulf of Riga. Geol. Surv. Latvia Estonia. Riga.
- Kotta J., Lauringston V., Martin G., Simm M., Kotta I., Herkül K., Ojaveer H. (2008): Gulf of Riga and Pärnu Bay. *Ecology of Baltic Coastal Waters* 197, 217–243.
- Tsyrlunikov A., Tuuling I. and Hang T. (2008): Stream lined topographical features in and around the Gulf of Riga as evidence of Late Weichselian glacial dynamics. *Geological Quarterly* 52, 81–89.
- Tsyrlunikov A., Tuuling I., Kalm V., Hang T. and Flodén T. (2012): Late Weichselian and Holocene seismostratigraphy and depositional history of the Gulf of Riga, NE Baltic Sea. *Boreas* 41, 673–689.
- Tuuling I. (2009): Läänemeri ja selle lahendamata saladused. *Eesti Loodus* 7, 349–355.

Lihthitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina

Sofya Tsyruņnikova
(*autori nimi*)

(sünnikuupäev: 24.08.1989)

- annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihthitsentsi) enda loodud teose
AKUSTILISE PROFILEERIMISE ANDMETE RAKENDUSE ANALÜÜS LIIVI
LAHE MAASTIKULIS-ÖKOLOOGILISE KAARTI TÄPSUSTAMISEKS,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Arkady Tsyruņnikov,
(*juhendaja nimi*)

- reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
- olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
- kinnitan, et lihthitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 20.05.2013 (*kuupäev*)